



セーフティライトカーテンによる安全防護

オムロン株式会社 センサ事業部 安全センサPMグループ 三角 文彦

はじめに

弊社では昨年よりお客様の機械安全や労働安全の確保・実現をサポートさせていただくため、各種セーフティコンポーネントの積極的な商品バラエティ拡大に併せて、安全規格や労働安全衛生マネジメントシステム等に関するセミナーを実施しています。

本情報誌においても、Bell No.29号で機械の安全対策の考え方、基本安全性能、およびセーフティコンポーネントの基本構造についての解説を行いました。また前号のBell No.33号では“機械安全とインターロック装置”と題して、実際の安全対策としての防護ガード装置に伴うインターロック装置のあり方をご紹介しました。

本稿ではセーフティコンポ解説シリーズの三回目として、セーフティライトカーテンを用いた安全防護の方法についてご紹介いたします。

機械災害防止の基本

前号でも述べましたが、セーフティライトカーテンをご理解いただき、正しくお使いいただくために必要な基本的な考え方ですので繰り返し解説いたします。

機械災害は、「人間」と「機械の運転出力」が同一空間内に同時に存在する場合に、機械の駆動部などの危険源に人間が接触してしまうことで発生します。従ってこのような災害が発生するメカニズムの条件が成立しないようにすることが機械災害防止のために必要であり、これを実現するためには下記の2つの方法があります。

(1) 隔離の原則（空間的な分離）

「人間の作業空間」と「機械の作業空間」の間に防護ガードを設置し、危険源を全て覆ってしまうことによって、空間的な重なりが発生しないようにする方法。ガードには、柵、カバー、扉などがあります。

(2) 停止の原則（時間的な分離）

加工ワークの出し入れやメンテナンスの為に、人間が機械にアクセスする必要がある場合は、上記隔離の原則が成立しない。そこで「人間」と「機械の運転出力」を時間的に分離するための「インターロック」装置を設ける方法。言い換えると、人間が機械に接近するときは確実に機械が停止しており、かつ人間が機械から離れるまでは、確実に機械の再始動を阻止することが必要です。

本号のテーマであるセーフティライトカーテンは、上記(2)「停止の原則」を実現するためのインターロック装置の入力部として使用されるセンサです。(図1)

セーフティライトカーテンとは

前号ではインターロック装置として、開閉可能なガードとそれに取り付けたセーフティドアスイッチにより実現する方法を紹介しました。本号では固定ガードの設置できない場所に電子式のセーフティライトカーテンを使用する方法をご紹介します。

セーフティライトカーテンとは、機械の稼動部など危険源への人体の接近を、光の入光／遮光状態の違いとして検出し、機械の運転停止の為の信号を運転制御部に対して出力することを目的とした光電センサの1種です。

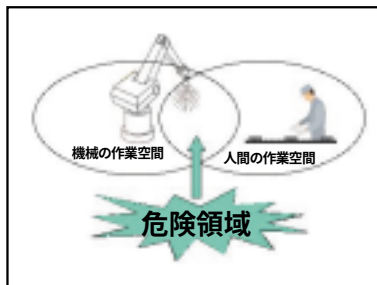


図1 機械災害発生メカニズム

光電式のセーフティセンサとしては、投光器と受光器を相対させて使用する透過形のセーフティライトカーテンが一般的に使用されますが、投受光器一体になったセンサと専用の反射板を組み合わせた帰帰反射形のセーフティセンサや、レーザ光を広い角度に照射し、人体からの反射光を検出するレーザースキャナー式セーフティエリアセンサ等も存在します。弊社では現在、透過形のセーフティライトカーテンを安全カテゴリの違いによる二機種にわけて商品化しております。

透過形のセーフティライトカーテンは、縦1列に並んだ複数個の投光部（一般には赤外LEDとレンズおよび投光回路）とその制御回路部からなる投光器と、投光部の個数（光軸数）と同数の受光部（一般にはフォトダイオードとレンズおよび受光回路）とその制御回路部からなる受器とで構成されており、つまり複数個の透過型光電スイッチが一组の投光器と受光器の中に一列に並んで入っているような仕組みになっています。（図2）

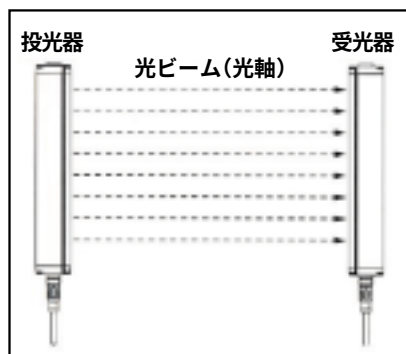


図2 セーフティライトカーテン

セーフティライトカーテンの基本機能

危険源への侵入個所となる場所に、投光器と受光器を対向させて設置します。人がこの投受光器間に侵入していない時は全ての受光部が入光状態になっています。この状態を安全な状態とします。ところが人が危険源に接近し、人体の一部が投受光器間に侵入すると、いずれかの光軸が人体で遮られ、受光部に到達しなくなります。この状態を危険な状態と定義します。つまりセーフティライトカーテンは全ての受光部に入光しているか、あるいは1つでも遮光している受光部があるかで安全と危険を判別し、その出力は安全時にオン、危険時にオフとなるように設計されています。セーフティライトカーテンの出力は機械動力の起動と停止を制御するセーフティリレーやコンタクタに入力され、センサ出力オフで直ちに機械動力を停止させるような安全回路を構成するのが基本的な使用方法です。（図3）

に応じて動作モードを選択できるようになっています。ところがセーフティライトカーテンにはこの動作モード切替スイッチがなく、透過形で入光時オンというモードしかありません。これはセーフティセンサに求められる要件のひとつ「危険検出型ではなく安全確認型で動作すること」に基づきます。

「安全確認型」とは、“今安全かどうか”を検出して“安全状態”を出力しておき（センサがオン）、安全かどうか分からないときに出力を停止する（センサがオフ）というシステムです。一方「危険検出型」とは、“今危険かどうか”を検出して“危険状態”を出力しておく（センサがオン）システムです。

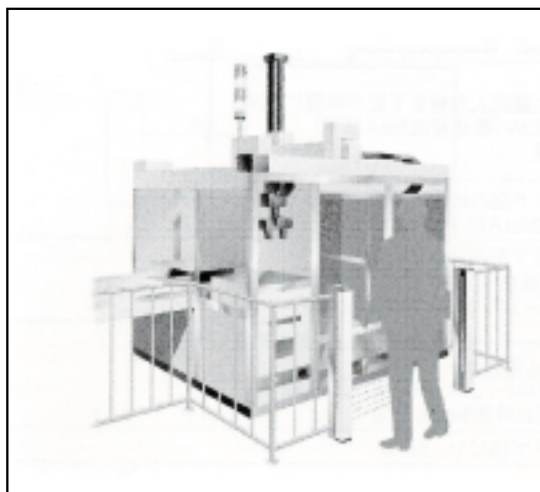


図3 セーフティライトカーテンの設置

安全確認型と危険検出型

さて一般の制御用光電スイッチには入光時オンと遮光時オンを切り替えるスイッチがあり、ユーザが必要

セーフティライトカーテンが安全確認型でなければいけないのはセンサが故障したときには“今危険である”と判定しなければいけないためです。危険検出型のセンサでは、例



例えば投光素子が壊れる、受光素子が壊れる、断線によって電源が切れるといったほとんどの故障モードで危険を検出できなくなるため、出力が安全な時と同じオフ状態になってしまいます。安全確認型では故障によって出力が出なくなっても、危険時な時と同じオフ状態なので、安全が確保されるわけです。

セーフティライトカーテンに求められる要件

複数光軸を有する透過形の光電スイッチには、セーフティライトカーテン以外に、安全防護には使えない一般のエリアセンサと呼ばれるものがあります。セーフティライトカーテンを一般のエリアセンサと区別する要件が上述の安全確認型であること以外に2つあります。

- (1) 定期的な故障診断の手段を有する
- (2) 故障時には常に出力が安全側、つまりオフ状態になる、すなわちフェールセーフ設計となっている。

弊社のセーフティライトカーテン形 F3S-A(写真1)では応答速度20ms毎に以下の項目について故障診断を実施し、もし異常が発見された場合は直ちに出力をオフにします。

- 投光素子破損
- 投光回路破損
- コード断線、短絡
- 受光素子破損
- 受光回路破損
- CPU暴走
- 外乱光の入光
- 出力回路の破損

またフェールセーフ設計についてはダブルCPUによる相互チェックと信号処理回路や出力回路の2重化による冗長性の確保と、安全動作を立証するためのFMEA解析(Failure Mode and Effects Analysis 故障モード影響解析)により単一部品レベルの故障がセンサ全体に及ぼす影響を全て検証し、故障時オフの原則を証明しています。

これら自社による安全設計の立証に加え第三者認証機関による国際安全規格適合証明を受けた商品をご提

供していくことがセーフティコンポーネントメーカーである我々に求められた使命であると考えています。

リスクアセスメントと安全対策としてのセーフティライトカーテン

セーフティライトカーテンを選択するには、危険源の特定と危険度合いの算定、つまりリスクアセスメントを実施し、その結果必要となる安全対策カテゴリに応じた商品を選ぶ必要があります。リスク査定テーブルの例を図4に示します。

これによるとリスクカテゴリはリスクの一番小さいカテゴリIから一番大きいカテゴリVの5段階に分類され、安全対策カテゴリは安全性の一番低いカテゴリBから一番高いカテゴリ4に分類されます。カテゴリ査定テーブルによると、一番危険度の大きなリスクカテゴリVと評価された個所には安全対策カテゴリ4に分類される要求性能を満たした安全関連部を構成する必要があります。またリスクカテゴリⅢの個



写真1 セーフティライトカーテンF3S-AとセーフティリレーユニットG9SA

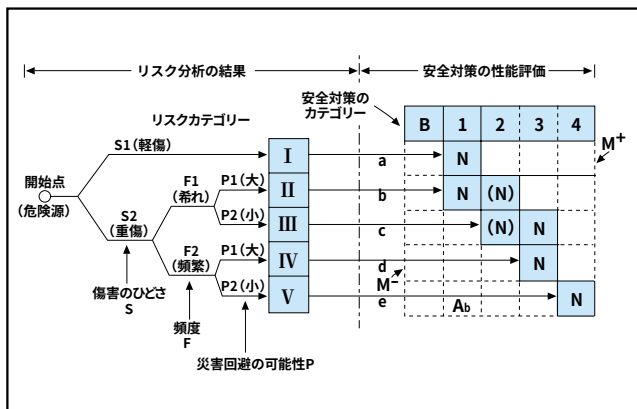


図4 リスクカテゴリと安全性確保対策のカテゴリ

所には安全対策カテゴリ2あるいは3に分類される要求性能を満たした安全対策を実施する必要があります。

セーフティライトカーテンはその性能要求を定めた国際規格である、IEC 61496-1 (EN 61496-1) IEC 61496-2 (prEN 61496-2) にもとづき、安全性の違いで分類されます。

安全対策カテゴリ4の要求事項を満足するものを「タイプ4」、カテゴリ2の要求事項を満足しているものを「タイプ2」呼びます。弊社のセーフティライトカーテン形F3S-Aはタイプ4に分類される商品であり、安全対策カテゴリ4以下(4, 3, 2, 1およびB)に使用できるのに対して、タイプ2のセーフティライトカーテンである形F3S-B(写真2)は安全対策カテゴリ2以下(2, 1およびB)でのみ使用できます。IEC 61496-1、-2で具体的に規定があるのは現在タイプ4とタイプ2の2種類で、タイプ3とタイプ1はUnder Consideration(検討中)と記載されています。したがってセーフティライトカーテンの中で国際規格適合をうたっている製品は現状タイプ4かタイプ2に属し、これらの要求事項を満足していない製品は日本国内では単にフェールセーフタイプのエリアセンサとして販売されています。

おわりに

本稿では機械災害防止の原則のひとつである「停止の原則」実現に利用されるセーフティライトカーテンの特徴について、一般のエリアセン

サとの違いを見ていくことで解説いたしました。セーフティライトカーテンの選択には、リスクアセスメントの結果を元に適切な最小検出物体サイズと適切な検出幅を見積もる必要があります。

また設置上で考慮する内容としては、相互干渉が起らないように配置すること、十分な安全距離を確保すること等があります。詳細はカタログや取扱説明書に記載の注意事項を参照いただければ幸いです。

弊社では今後も機械安全、労働安全に求められるセンシングテクノロジーを追求し、全てのセンサを安全にしていくことを究極の目標としてセーフティセンサの商品化に取り組んでいきます。



写真2 セーフティライトカーテン F3S-B